



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ZDVIHOVÝ MECHANISMUS JEŘÁBOVÉ KOČKY

STROKE MECHANISM OF CRANE TROLLEY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PETR JULÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Julínek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Zdvihový mechanismus jeřábové kočky**

v anglickém jazyce:

### **Stroke mechanism of crane trolley**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete zdvihový mechanismus jeřábové kočky. Technické parametry:

Nosnost	16000 kg
Zdvih	12 m
počet navíjených lan	2
převod kladkostroje	2
Zdvihová skupina	H2
Rychlost zdvihu	10 m/min

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující

- výpočet hlavních rozměrů zdvihu,
- pevnostní kontrolu lanového bubnu
- další výpočty dle pokynu vedoucího BP

Nakreslete:

- celkovou sestavu mechanismu
- svařovací podsestava jeřábového bubnu
- další výkresy dle pokynu vedoucího BP

Seznam odborné literatury:

1. SHIGLEY, J.E. - MISCHKE, Ch.R. - BUDYNAS R.G.: Konstruování strojních součástí, Vydalo VUT v Brně, nakladatelství VUTIUM 2010, ISBN 978-80-214-2629-0
2. GAJDUŠEK, J.; ŠKOPÁN, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno, 1988
3. REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F.: Jeřáby, 2., přeprac. a dopln. vyd., SNTL Praha, 1975

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 1.11.2012

L.S.

---

prof. Ing. Václav Píštecký, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem základních parametrů zdvihového mechanismu jeřábové kočky pro břemena o maximální hmotnosti 16 000 kg. V práci se navrhuje průměr lan, rozměry lanového bubnu, rozměry kladek, elektromotor, převodovka, ložisko uložení. Jednotlivé kapitoly obsahují zdůvodnění volby jednotlivých zařízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zdvihový mechanismus, jeřábová kočka, lano, lanový buben, kladka,

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with proposal basic parameters of stroke mechanism of crane trolley for the weights 16 000 kg. At work is proposed to rope mean, rope drum dimensions, dimensions of pulleys, motor, gearbox, bearing deposit. Individual chapters provide justification for choice of devices.

## **KEYWORDS**

Stroke mechanism, travelling crab, rope, cable drum, pulley



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JULÍNEK, P. *Zdvihový mechanismus jeřábové kočky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 39 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2013

.....

Petr Julínek



## **PODĚKOVÁNÍ**

Za obětavou pomoc, poskytnuté rady a připomínky při psaní bakalářské práce, bych tímto chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu na vysoké škole.



# 1 OBSAH

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY .....	1
Úvod .....	11
2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY ZDVIHU .....	12
2.1 ZADANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY .....	12
2.2 VOLBA PROVOZU .....	12
2.2.1 DYNAMICKÝ SOUČINITE ZDVIHU .....	12
2.3 NÁVRH LANA .....	12
2.3.1 ÚČINOST LANOVÉHO PŘEVODU .....	12
2.3.2 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ .....	13
2.3.3 ZATÍŽENÍ SVISLÉHO LANA .....	13
2.3.4 JMENOVITÁ ÚNOSNOST LANA .....	13
2.3.5 VOLBA PRŮMĚRU LANA .....	13
2.3.6 PŘEPOČET SKUTEČNÉ BEZPEČNOSTI .....	14
2.4 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH ROZMĚRŮ KLADEK .....	14
2.4.1 NÁVRH VODÍCÍ Kladky .....	14
2.4.2 NÁVRH VYROVNÁVACÍ Kladky .....	14
2.4.3 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY KLADEK .....	15
2.5 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY BUBNU .....	15
2.5.1 PRŮMĚR LANOVÉHO BUBNU .....	15
2.5.2 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY BUBNU .....	15
2.5.3 NAVÍJENÁ DÉLKA LANA V JEDNÉ LANOVÉ VĚTVI .....	16
2.5.4 POČET ZÁVITŮ LANA NA BUBNU V JEDNÉ LANOVÉ VĚTVI .....	16
2.5.5 DÉLKA ZÁVITOVÉ ČÁSTI BUBNU .....	16
2.5.6 DÉLKA STŘEDNÍ HLADKE ČÁSTI BUBNU .....	16
2.5.7 DÉLKA KRAJNÍ HLADKE ČÁSTI BUBNU .....	16
2.5.8 CELKOVÁ DÉLKA BUBNU .....	17
2.5.9 TLOUŠŤKA STĚNY BUBNU .....	17
3 PEVNOSTNÍ VÝPOČET LANOVÉHO BUBNU .....	18
3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB .....	18
3.2 NAMÁHÁNÍ NA KRUT .....	18
3.3 NAMÁHÁNÍ VNĚJŠÍM PŘETLAKEM .....	19
3.4 REDUKCE NAPĚTÍ DLE HYPOTÉZY HMH .....	19
3.5 POMĚRNÉ PRODLOUŽENÍ LANA .....	19
4 NÁVRH ZDVIHOVÉHO ÚSTROJÍ .....	20
4.1 OTÁČKY LANOVÉHO BUBNU .....	20



4.2	VÝKON ELEKTROMOTORU .....	21
4.3	VOLBA ZATĚŽOVATELE.....	21
4.4	VOLBA ELEKTROMOTORU .....	22
4.4.1	ZÁKLADNÍ PARAMETRY .....	22
4.5	PŘEVOD MEZI ELEKTROMOTOREM A LANOVÝM BUBNEM.....	22
4.6	VOLBA PŘEVODOVKY .....	23
4.6.1	ZÁKLADNÍ PARAMETRY .....	23
4.7	PŘEPOČET SKUTEČNÝCH OTÁČEK BUBNU .....	23
4.8	PŘEPOČET SKUTEČNÉ RYCHLOSI ZDVIHU .....	23
4.9	ODCHYLKA ZDVIHOVÉ RYCHLOSTI.....	23
4.10	KONTROLA ROZBĚHOVÉHO MOMENTU .....	24
4.11	STATICÝ MOMENT BŘEMENE, REDUKOVANÝ NA HŘÍDEL MOTORU .....	24
4.12	MOMENT SETRVAČNOSTI VŠECH POHYBLIVÝCH HMOT SOUSTAVY, REDUKOVANÝCH NA HŘÍDEL MOTORU .....	24
4.13	MINIMÁLNÍ DOBA ROZBĚHU .....	25
4.14	ÚHLOVÉ ZRYCHLENÍ.....	25
4.15	ROZBĚHOVÝ MOMENT .....	25
4.16	KONTROLA ROZBĚHOVÉHO MOMENTU .....	26
5	NÁVRH BRZDY: .....	27
5.1	STATICÝ MOMENT BŘEMENE ,REDUKOVANÝ NA RYCHLOBĚŽNOU HŘÍDEL: .....	27
5.2	SETRVAČNÝ MOMENT VŠECH POHYBLIVÝCH HMOT SOUSTAVY REDUKOVANÝ NA HŘÍDEL BRZDY:.....	27
5.3	ÚHLOVÉ ZPOŽDĚNÍ: .....	27
5.4	BRZDNÝ MINIMÁLNÍ MOMENT:.....	27
5.5	MOMENT NA BRZDNÉM KOTOUČI: .....	27
5.6	VOLBA BRZDY: .....	28
5.7	VOLBA BRZDOVÉHO BUBNU:.....	29
6	PEVNOSTNÍ VÝPOČET BUBNU: .....	30
6.1	VÝPOČET SIL V PODPORÁCH:.....	30
6.2	NÁVRH PODPĚRNÉHO ČEPU: .....	31
6.2.1	URČENÍ OHYBOVÉHO MOMENTU V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH:.....	31
6.2.2	MODUL PRŮŘEZU V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH:.....	32
6.2.3	NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH: .....	33
7	NÁVRH LOŽISKA:.....	34
7.1	Volba ložiska .....	34



8	ZÁVĚR.....	35
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:.....	36
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:.....	38
11	SEZNAM PŘÍLOH .....	39



## ÚVOD

Při výběru tématu bakalářské práce jsem se přiklonil k mému tématu proto, že jeřáby jsou v dnešní době nedílnou součástí skoro každého průmyslového podniku, a také z osobních zkušeností s jeřáby v provozu.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout zdvihový mechanismus jeřábové kočky. Zdvihový mechanismus spolu s mechanismem pojezdu je jednou z hlavních součástí jeřábové kočky. Zdvihový mechanismus má mnoho konstrukčních variant, které se liší např. druhem pohonu, nebo převodovým členem. Pohon může být např. ruční, elektrický, hydraulický, nebo spalovacím motorem. Převodový člen může být např. ocelové lano, řetěz, konopné lano.

Ze zadání nevyplývá, kde bude jeřáb pracovat, proto dále uvažuji o mostovém jeřábu pracujícím uvnitř v hale a jako zdvihací člen budu navrhovat ocelové lano.

Při návrhu se nejprve ze zadaných hodnot vypočítá průměr ocelového lana, od kterého se poté odvíjí konstrukční rozměry lanového bubnu, vodící a vyrovnávací kladky. Dále je potřeba určit výkon motoru, od kterého se odvíjí převodovka a brzda. U všech navržených zařízení je nutná zpětná kontrola a pevnostní kontrola. Při návrhu se vychází z technických norem, katalogů výrobců a ohledu na vyrobiteľnost a montáž. Bakalářská práce také obsahuje výkresovou dokumentaci svařence bubnu a zdvihového mechanismu.



## 2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY ZDVIHU

### 2.1 ZADANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY

Nosnost.....16 000 kg  
 výška zdvihu.....12 m  
 počet navíjecích lan.....2  
 převod kladkostroje.....2  
 zdvihová skupina.....H2  
 rychlost zdvihu.....10 m/min

### 2.2 VOLBA PROVOZU

Dle [3], str.9

S ohledem k pracovnímu umístění jeřábu je volen provoz jeřábu D2 (jeřáby v provozech s malou pravděpodobností přetížení)

Součinitel zatížení od jmenovitého břemene  $\gamma_{lo} = 1,3$

#### 2.2.1 DYNAMICKÝ SOUČINITE ZDVIHU

Dle [3], str.10

Rychlost zdvihu ..... $v_h = 10$  [m/min]  
 Zdvihová skupina.....H3

$$\delta_H = 1,2 + 0,26 \cdot v_h$$

$$\delta_H = 1,2 + 0,26 \cdot 0,166$$

$$\underline{\delta_H = 1,24}$$

### 2.3 NÁVRH LANA

#### 2.3.1 ÚČINOST LANOVÉHO PŘEVODU

Dle [5], str.44

pro valivé uložení ..... $\eta_1 = 0,98$

počet nosných průřezů..... $m = 2$

$$\eta_K = \frac{1 - \eta_1^m}{m \cdot (1 - \eta_1)}$$

$$\eta_K = \frac{1 - 0,98^2}{2 \cdot (1 - 0,98)}$$

$$\underline{\eta_K = 0,99}$$



### 2.3.2 CELKOVÉ ZATÍŽENÍ

Dle [4], str.2

odhadovaná hmotnost kladnice.....  $m_K$ odhadovaná hmotnost lan.....  $m_l$ hmotnost břemene.....  $m_b$ 

$$Q_C = m_b + m_K + m_l$$

$$Q_C = 16000 + 270 + 50$$

$$Q_C = 16320 \text{ Kg}$$

### 2.3.3 ZATÍŽENÍ SVISLÉHO LANA

Dle [4], str.4

tíhové zrychlení.....  $g \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$ počet větví lanového převodu.....  $z = 2$ 

$$F_1 = \frac{Q_C}{z \cdot m} \cdot \frac{g}{\eta}$$

$$F_1 = \frac{16320}{2 \cdot 2} \cdot \frac{9,81}{0,99}$$

$$F_1 = 40429,1 \text{ N}$$

### 2.3.4 JMENOVITÁ ÚNOSNOST LANA

Dle [4], str.2

Bezpečnost v laně.....  $k_1 = 5$ 

$$F_{DOV} = \frac{F_j}{k_1} \geq F_1$$

$$F_j \geq k_1 \cdot F_1$$

$$F_j \geq 5 \cdot 40429,1$$

$$F_j \geq 202145,5 \text{ N}$$

### 2.3.5 VOLBA PRŮMĚRU LANA

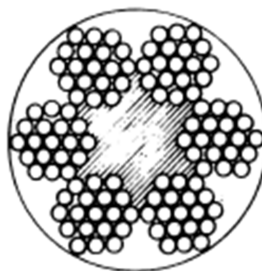
Dle [2], str.561

Z vypočtených hodnot volím lano normální šestipramenné **LANO 20 ČSN 02 4322.41**

Průměr lana..... 20 mm

pevnost drátů lana..... 1570 MPa

únosnost lana..... 219,6 kN



Obr.1. Lano šestipramenné dle [5], str.34



### 2.3.6 PŘEPOČET SKUTEČNÉ BEZPEČNOSTI

$$k_j = \frac{F_{j\text{ lana}}}{F_1}$$

$$k_j = \frac{219600}{40429,1}$$

$$\underline{k_j = 5,43}$$

## 2.4 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH ROZMĚRŮ KLADEK

### 2.4.1 NÁVRH VODÍCÍ Kladky

Dle [5], str.37

součinitel závislý na druhu kladky a provozu..... $\alpha = 22$   
jmenovitý průměr lana..... $d = 20$  mm

$$\begin{aligned} D_{min1} &= d \cdot \alpha \\ D_{min1} &= 20 \cdot 22 \\ \underline{D_{min1} &= 440\text{mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{K1} &= D_{min} - d \\ D_{K1} &= 440 - 20 \\ \underline{D_{K1} &= 420\text{mm}} \end{aligned}$$

S ohledem na normalizované průměry volím  $D_{k1} = 450$  mm

Dle [5], str.38

### 2.4.2 NÁVRH VYROVNÁVACÍ Kladky

$$\alpha = 15$$

Dle [5], str.37

$$\begin{aligned} D_{min2} &= d \cdot \alpha \\ D_{min2} &= 20 \cdot 15 \\ D_{min2} &= 300\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{K2} &= D - d \\ D_{K2} &= 300 - 20 \\ \underline{D_{K2} &= 280\text{mm}} \end{aligned}$$

S ohledem na normalizované průměry volím  $D_{k2} = 315$  mm



### 2.4.3 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY KLADEK

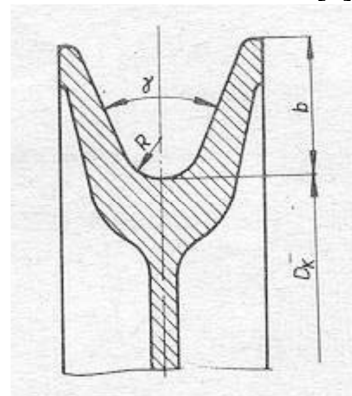
Dle [2], str.566

$$r = 10,6 \text{ mm}$$

$$\gamma = 45^\circ$$

$$b = 36 \text{ mm}$$

$$a = 54 \text{ mm}$$



Obr.2. Průměr kladky dle [5], str.38

## 2.5 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY BUBNU

### 2.5.1 PRŮMĚR LANOVÉHO BUBNU

$$\alpha = 20$$

Dle [5], str.39

$$D_b = d \cdot \alpha$$

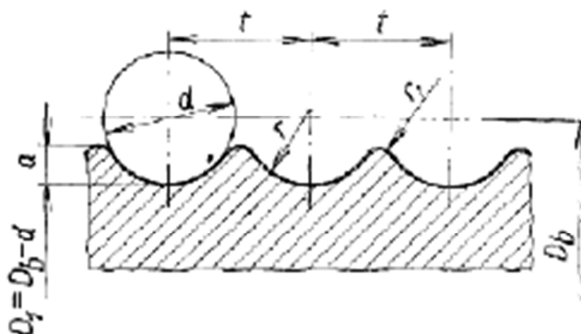
$$D_b = 20 \cdot 20$$

$$\underline{D_b = 400 \text{ mm}}$$

$$D_1 = D_b - d$$

$$D_1 = 400 - 20$$

$$\underline{D_1 = 380 \text{ mm}}$$



Obr.3. Drážka lanového bubnu dle [2], str.567

S ohledem na normalizované průměry a pevnost bubnu volím  $D_B = 450 \text{ mm}$

Dle [5], str.37

### 2.5.2 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY BUBNU

Dle ČSN 27 1820

Dle [2], str.567

$$r = 10,6 \text{ mm}$$

$$t = 22 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm}$$



### 2.5.3 NAVÍJENÁ DÉLKA LANA V JEDNÉ LANOVÉ VĚTVI

Dle [5], str.40

lanový převod..... $i_k=2$   
zdvihová výška..... $H=12\text{ m}$

$$L = i_k \cdot H$$

$$L = 2 \cdot 12$$

$$\underline{L = 24\text{m}}$$

### 2.5.4 POČET ZÁVITŮ LANA NA BUBNU V JEDNÉ LANOVÉ VĚTVI

Dle [5], str.39

$$Z = \frac{L}{\pi \cdot D_B} + (2 \div 3)$$

$$Z = \frac{24000}{\pi \cdot 450} + 3$$

$$\underline{Z = 20,77 \Rightarrow 21 \text{ závitů}}$$

### 2.5.5 DÉLKA ZÁVITOVÉ ČÁSTI BUBNU

Dle [5], str.40

$$L = Z \cdot t$$

$$L = 21 \cdot 22$$

$$\underline{L = 462\text{mm}}$$

### 2.5.6 DÉLKA STŘEDNÍ HLADKE ČÁSTI BUBNU

Dle konstrukčního řešení

$$\underline{l_1 = 200\text{mm}}$$

### 2.5.7 DÉLKA KRAJNÍ HLADKE ČÁSTI BUBNU

Dle [5], str.41

$$l_2 \approx 4 \cdot t$$

$$l_2 = 4 \cdot 22$$

$$\underline{l_2 = 88\text{mm}}$$

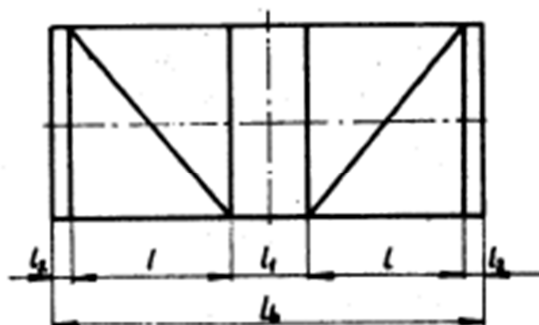




### 2.5.8 CELKOVÁ DÉLKA BUBNU

Dle [5], str.40

$$\begin{aligned}l_b &= 2 \cdot l + l_1 + 2 \cdot l_2 \\l_b &= 2 \cdot 462 + 200 + 2 \cdot 88 \\l_b &= 1300\text{mm}\end{aligned}$$



Obr.4 Lanový buben Dle [5], str.40

### 2.5.9 TLOUŠŤKA STĚNY BUBNU

Dle [5], str.41

$$\begin{aligned}S &= 0,8 \cdot d \\S &= 0,8 \cdot 20 \\S &= 16\text{mm} \Rightarrow \text{z pevnostních důvodů volím } 18\text{mm}\end{aligned}$$



### 3 PEVNOSTNÍ VÝPOČET LANOVÉHO BUBNU

#### 3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Dle [5], str.41

ohybový moment..... $M_o$  [Nmm]  
modul pružnosti v průřezu..... $W_o$  [mm<sup>3</sup>]

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$

$$\begin{aligned} M_o &= F_1 \cdot (l_2 + l) \\ M_o &= 40429,1 \cdot (88 + 462) \\ \underline{M_o} &= \underline{22236005 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_o &= 0,8 \cdot (D_1 - s)^2 \cdot s \\ W_o &= 0,8 \cdot (430 - 18)^2 \cdot 18 \\ \underline{W_o} &= \underline{244431,6 \text{ mm}^3} \end{aligned}$$

$$\sigma_o = \frac{22236005}{244431,6}$$

$$\underline{\sigma_o} = \underline{9,1 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{Dov} \geq \sigma_o$$

#### 3.2 NAMÁHÁNÍ NA KRUT

Dle [5], str.41

modul pružnosti v krutu.....  $W_k$  [mm<sup>3</sup>]  
kroutící moment..... $M_k$  [Nmm]

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K}$$

$$M_K = 2 \cdot F \cdot \frac{D_b}{2} = F \cdot D_b$$

$$\begin{aligned} M_K &= 40429,1 \cdot 450 \\ \underline{M_K} &= \underline{18193095 \text{ Nm}} \end{aligned}$$



$$W_K = 2 \cdot W_O$$

$$W_K = 2 \cdot 0,8 \cdot (430 - 18)^2 \cdot 18$$

$$\underline{W_K = 4888627,2 \text{ mm}^3}$$

$$\tau_K = \frac{18193095}{4888627,2}$$

$$\underline{\tau_K = 3,72 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{Kdov} \geq \tau_K$$

### 3.3 NAMÁHÁNÍ VNĚJŠÍM PŘETLAKEM

Dle [5], str.42

$$\sigma_{tl} = \frac{F}{s \cdot t}$$

$$\sigma_{tl} = \frac{40429,1}{18 \cdot 22}$$

$$\underline{\sigma_{tl} = 102,09 \text{ MPa}}$$

### 3.4 REDUKCE NAPĚTÍ DLE HYPOTÉZY HMH

Dle [5], str.42

$$\sigma_{Red} = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_{tl}^2 - \sigma_o \cdot \sigma_{tl} + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{Red} = \sqrt{9,1^2 + 102,09^2 - 9,1 \cdot 102,09 + 3 \cdot 3,72^2}$$

$$\underline{\sigma_{Red} = 98,07 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{DovRe} \geq \sigma_{Red}$$

### 3.5 POMĚRNÉ PRODLOUŽENÍ LANA

Dle [5], str.37

Vychází se z Hookova zákona

poměrné prodloužení..... $\epsilon$

modul pružnosti lana..... $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

Dle [5], str.36

$$\frac{F_1}{S} = E \cdot \epsilon$$

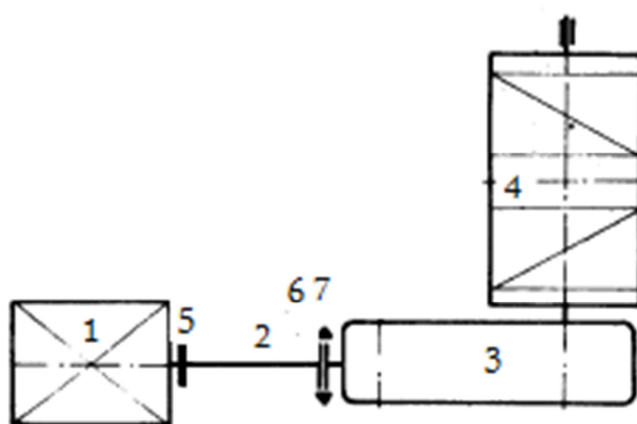
$$\epsilon = \frac{F_1}{E \cdot S}$$



$$\varepsilon = \frac{40429,1}{1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4}}$$

$$\varepsilon = 0,00129$$

## 4 NÁVRH ZDVIHOVÉHO ÚSTROJÍ



Obr.5 schéma zdvihového ústrojí

- 1.....motor
- 2.....vložený hřídel
- 3.....převodovka
- 4.....lanový buben
- 5.....zubová spojka
- 6.....zubová spojka
- 7.....brzda

### 4.1 OTÁČKY LANOVÉHO BUBNU

Dle [5], str.67

Převod kladkostroje..... $i_K = 2$

$$n_b = \frac{i_K \cdot v_z}{\pi \cdot D_b}$$

$$n_b = \frac{2 \cdot 10}{\pi \cdot 0,45}$$

$$n_b = 14,15 \text{ min}^{-1}$$



## 4.2 VÝKON ELEKTROMOTORU

Dle [5], str.67

celková mechanická účinnost zdvihacího ústrojí..... $\eta_c$   
účinnost kladkostroje..... $\eta_k$   
účinnost bubnu na valivých ložiskách..... $\eta_b = 0,96$   
účinnost převodovky..... $\eta_p = 0,965$

$$\eta_c = \eta_k \cdot \eta_b \cdot \eta_p$$

$$\eta_c = 0,99 \cdot 0,96 \cdot 0,965$$

$$\eta_c = 0,917$$

$$P = \frac{Q \cdot g \cdot v_z}{60 \cdot 1000 \cdot \eta_c}$$

$$P = \frac{16320 \cdot 9,81 \cdot 10}{60 \cdot 1000 \cdot 0,917}$$

$$P = 26,68 \text{ kW}$$

## 4.3 VOLBA ZATĚŽOVATELE

Volím zatěžovatele  $\varepsilon$  pro lehký a střední provoz

Dle [5], str.37

$$\varepsilon = 25\%$$



## 4.4 VOLBA ELEKTROMOTORU

Dle [6], str.29

Dle vypočtených hodnot pro motor, volím z katalogu firmy siemens elektromotory s.r.o.  
Trojfázový asynchronní motor hutní jeřábový kroužkový **P 250 M08**

### 4.4.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY

otáčky motoru..... $n_m$

výkon motoru..... $P$

jmenovitý moment..... $M_N$

moment setrvačnosti..... $J$

přetížitelnost..... $\frac{M_{max}}{M_N} = \xi$

Typ	P	n	$M_N$	$M_{max}/M_N$	$I_1$ při 380 V	Rotor			J		Hmotnost
						$I_2$	$U_2$	$R_2/20^\circ\text{C}$	motor	přídavný	
	(kW)	( $\text{min}^{-1}$ )	(Nm)	-	(A)	(A)	(V)	( $\Omega$ )	( $\text{kgm}^2$ )	( $\text{kgm}^2$ )	(kg)
$n_s=750 \text{ min}^{-1}, n_{\text{max}} \approx 1500 \text{ min}^{-1}, (2p=8)$											
250M08	33	730	432	3,1	83	71	300	0,049	1,5	4,2	580

Tab.1 Parametry motoru dle [6], str.29

## 4.5 PŘEVOD MEZI ELEKTROMOTOREM A LANOVÝM BUBNEM

Dle [5], str.68

$$i_p = \frac{n_m}{n_b}$$

$$i_p = \frac{730}{14,15}$$

$$i_p = 51,59$$



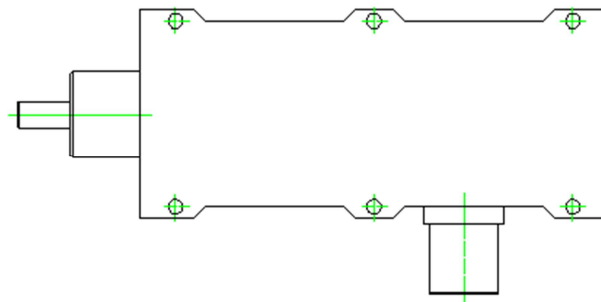
## 4.6 VOLBA PŘEVODOVKY

Dle [7], str.13

Z parametrů motoru a z vypočteného převodového poměru mezi elektromotorem a lanovým bubnem volím kuželočelní třístupňovou převodovku **RHC 60S50CS1**

### 4.6.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY

převodový poměr..... $i_p = 50$   
výkon převodovky.....  $P_j = 34 \text{ kW}$   
vstupní otáčky..... $n_1 = 750 \text{ min}^{-1}$   
výstupní otáčky..... $n_2 = 15 \text{ min}^{-1}$   
kroutící moment..... $M_K = 20\,300 \text{ Nm}$



Obr.6 schéma převodovky

## 4.7 PŘEPOČET SKUTEČNÝCH OTÁČEK BUBNU

$$i_p = \frac{n_m}{n_b} \Rightarrow n_b' = \frac{n_m}{i_p'}$$

$$\underline{n_b' = 14,6 \text{ min}^{-1}}$$

## 4.8 PŘEPOČET SKUTEČNÉ RYCHLOSI ZDVIHU

$$n_b = \frac{i_k \cdot v_z}{\pi \cdot D_b} \Rightarrow v_{zsk} = \frac{n_b \cdot \pi \cdot D_b}{i_K}$$

$$v_{zsk} = \frac{14,6 \cdot \pi \cdot 0,45}{2}$$

$$\underline{v_{zsk} = 10,32 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}}$$

## 4.9 ODCHYLKA ZDVIHOVÉ RYCHLOSTI

Zkontrolovat odchylku zdvihové rychlosti je důležité, z důvodů zadaných parametrů od zákazníka. Odchylka nesmí překročit 6%

$$\frac{v_z}{v_{zsk}} \cdot 100\%$$



$$\frac{10}{10,32} \cdot 100 = 96,89\%$$

$$100 - 96,8 = 3,11\%$$

$$3,11\% \leq 6\% \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### 4.10 KONTROLA ROZBĚHOVÉHO MOMENTU

Dle [5], str.68

$$i_c = i_k \cdot i_p$$

$$i_c = 2 \cdot 50$$

$$i_c = 100$$

#### 4.11 STATICKÝ MOMENT BŘEMENE, REDUKOVANÝ NA HŘÍDEL MOTORU

Dle [5], str.68

$$M_{st} = \frac{Q_c \cdot g \cdot D_b}{2 \cdot i_c \cdot \eta_c}$$

$$M_{st} = \frac{16320 \cdot 9,81 \cdot 0,45}{2 \cdot 100 \cdot 0,917}$$

$$M_{st} = 392,83 Nm$$

#### 4.12 MOMENT SETRVAČNOSTI VŠECH POHYBLIVÝCH HMOT SOUSTAVY, REDUKOVANÝCH NA HŘÍDEL MOTORU

Moment setrvačnosti všech hmot na rychloběžné hřídeli.....J1

Dle [6], str.26

$$J_1 = J_m = 1,5 \text{ kgm}^2$$

Moment setrvačnosti součásti na předlohách a pomaloběžném hřídeli..J2

Dle [5], str.69

$$\alpha = 1,1 \div 1,5$$

$$J_2 = \alpha \cdot J_1$$

$$J_2 = 1,3 \cdot 1,5$$

$$J_2 = 1,95 \text{ kgm}^2$$

Moment setrvačnosti posuvných hmot redukováný na rychloběžnou hřídel..J2 Dle [5], str.69

$$J_3 = \frac{Q_c \cdot v_{zsk}^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot n_{m^2} \cdot \eta_c}$$





$$J_3 = \frac{16320 \cdot 10,32^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 730^2 \cdot 0,917}$$

$$\underline{J_3 = 0,09 \text{ kgm}^2}$$

Moment setrvačnosti všech pohyblivých hmot soustavy.....J

Dle [5], str.69

$$J = J_1 + J_2 + J_3$$

$$J = 1,5 + 1,95 + 0,09$$

$$\underline{J = 3,54 \text{ kgm}^2}$$

$$M_s = J \cdot \varepsilon$$

Dle [5], str.69

$$M_s = 3,54 \cdot 1,48$$

$$\underline{M_s = 5,24 \text{ Nm}}$$

### 4.13 MINIMÁLNÍ DOBA ROZBĚHU

Dle [5], str.71

Zrychlení.....a = 0,2 ÷ 0,3

$$t_{rmin} = \frac{v_{zsk}}{60 \cdot a}$$

$$t_{rmin} = \frac{10,32}{60 \cdot 0,2}$$

$$\underline{t_{rmin} = 0,86 \text{ s}}$$

### 4.14 ÚHLOVÉ ZRYCHLENÍ

Dle [5], str.70

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot n_m}{30 \cdot t_{rmin}}$$

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot 12,17}{30 \cdot 0,86}$$

$$\underline{\varepsilon = 1,48 \text{ s}^{-2}}$$

### 4.15 ROZBĚHOVÝ MOMENT

Dle [5], str.68

$$M_r = M_{st} + M_s$$

$$M_r = 392,83 + 5,24$$

$$\underline{M_r = 398,07 \text{ Nm}}$$



## 4.16 KONTROLA ROZBĚHOVÉHO MOMENTU

Dle [5], str.70

$$M_{max} = \xi \cdot M_n$$

$$M_{max} = 3,1 \cdot 432$$

$$\underline{M_{max} = 1339,2 N m}$$

$$M_r < M_{max} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



## 5 NÁVRH BRZDY:

### 5.1 STATICKÝ MOMENT BŘEMENE ,REDUKOVANÝ NA RYCHLOBĚŽNOU HŘÍDEL:

Dle [5], str.71

$$M_{st} = \frac{Q_c \cdot g \cdot D_b}{2 \cdot i_c} \cdot \eta_c$$

$$M_{st} = \frac{16320 \cdot 9,81 \cdot 0,45}{2 \cdot 100} \cdot 0,917$$

$$\underline{M_{st} = 330,32 Nm}$$

### 5.2 SETRVAČNÝ MOMENT VŠECH POHYBLIVÝCH HMOT SOUSTAVY REDUKOVANÝ NA HŘÍDEL BRZDY:

$$\underline{J = 3,54 Kg m^2}$$

### 5.3 ÚHLOVÉ ZPOŽDĚNÍ:

Dle [5], str.72

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot n_m}{30 \cdot t_b}$$

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot 12,17}{30 \cdot 1}$$

$$\underline{\varepsilon = 1,27 s^{-2}}$$

### 5.4 BRZDNÝ MINIMÁLNÍ MOMENT:

Dle [5], str.71

$$M_{bmin} = \beta \cdot M_{st}$$

$$M_{bmin} = 1,75 \cdot 330,32$$

$$\underline{M_{bmin} = 578,06 Nm}$$

### 5.5 MOMENT NA BRZDNÉM KOTOUČI:

Dle [5], str.71

$$M_s = J \cdot \varepsilon$$

$$M_s = 3,54 \cdot 1,27$$

$$\underline{M_s = 4,5 Nm}$$

$$M_b = M_{st} + M_s$$

$$M_b = 330,32 + 4,5$$

$$\underline{M_b = 334,82 Nm}$$



5.6 VOLBA BRZDY:

Dle [8]

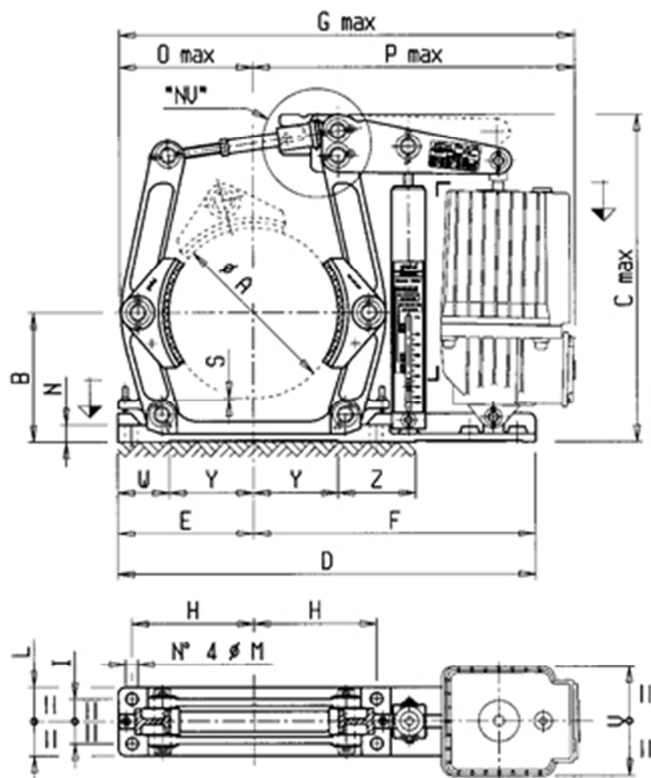
Dle vypočteného momentu volím dvoučelist'ovou brzdu s elektrohydraulickým posilovačem od firmy GALVI.

Typ N(NV). 250.HYD.051/06

Základní parametry:

Min brzdňý moment..... $M_{bmin} = 43 \text{ Nm}$

Max brzdňý moment..... $M_{bmax} = 720 \text{ Nm}$



Obr.7 schéma brzdy dle [8]

Freno tipo Brake type Frein type Bremsen Typ	Cf <sup>(1)</sup> (μ=0,42) min-max [N·m]	Ø A	B	C max	D	E	F	G max	H	I	L	Ø M	N	O max	P max	R min	S	T <sup>(2)</sup> (CD)	T <sup>(2)</sup> (CL)	W	Y	V	Z	Massa <sup>(3)</sup> Mass <sup>(3)</sup> Masse <sup>(3)</sup> [kg]
N(NV).250.HYD.051/06	43 - 720	250	190	552	615	200	415	684	180	65	100	18	25	197	487	127	3	90	135	76	124	190	114	44

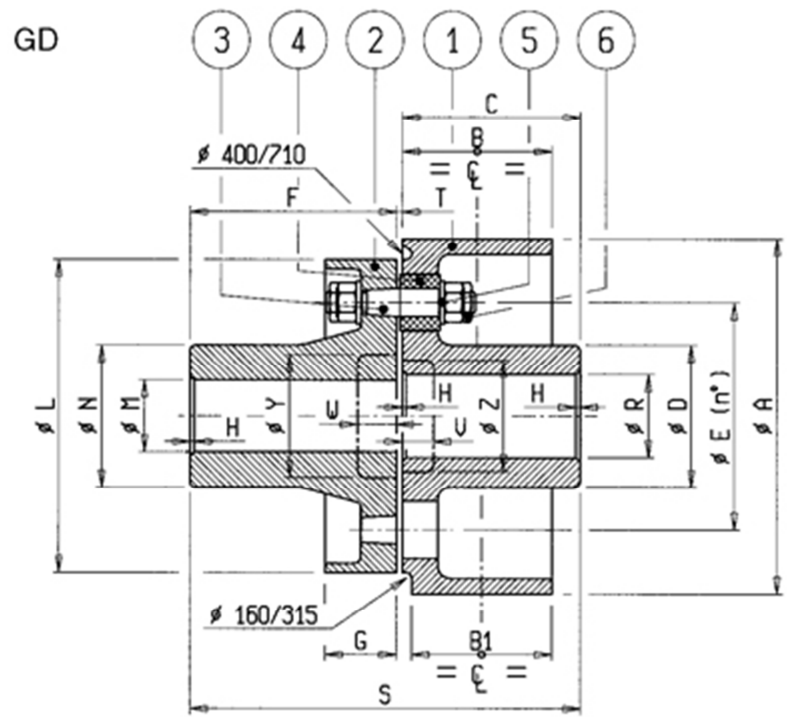
Tab.2 Parametry brzdy dle [8]



### 5.7 VOLBA BRZDOVÉHO BUBNU:

dle [9]

Dle vypočtených brzdných momentů volím brzdový buben GD 250.2 od firmy GALVI



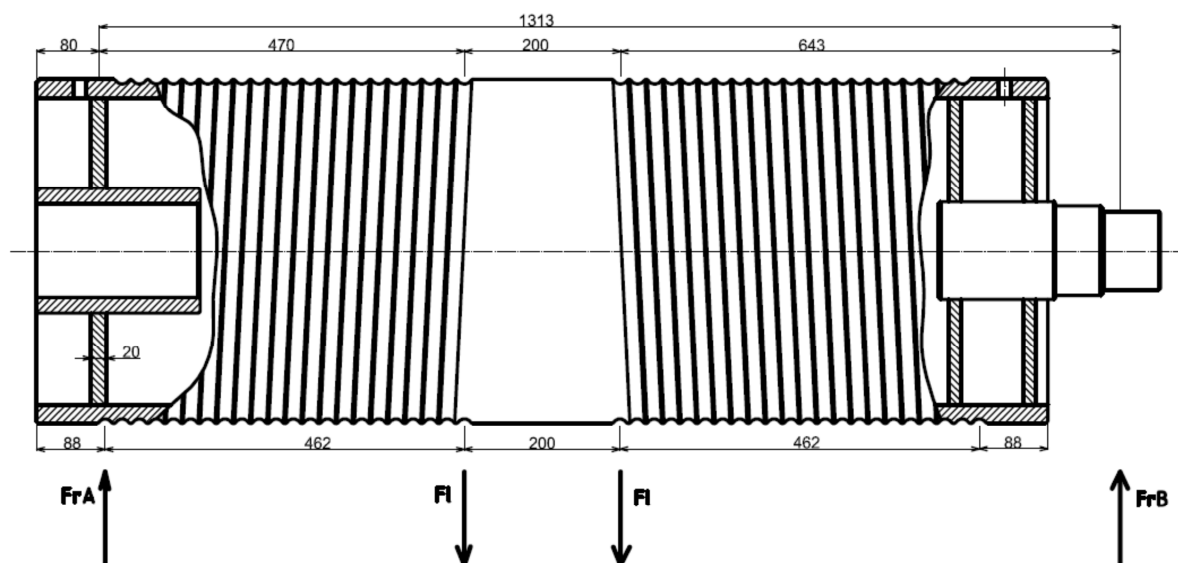
Obr.8 brzdového bubnu dle [9]

Giunto tipo Coupling type Accouplement type Kupplung Typ	Mte <sup>(1)</sup> max [N•m]	Mtr <sup>(1)</sup> max [N•m]	Cs <sup>(1)</sup> "RG4" [N•m]	n max		Ø A	B	B1	C	Ø D	Ø E	F	G	Ø L h9
				UNI EN 1561 EN-GJL-250 [rpm]	UNI EN 1563 EN-GJS-500-7 [rpm]									
GD.250.2	550	1210	57,3	1900	3050	250	105	95	125	100	160	145	50	220

Tab.3 Parametry brzdového bubnu dle [9]



## 6 PEVNOSTNÍ VÝPOČET BUBNU:



Obr.9 schéma zatížení bubnu

### 6.1 VÝPOČET SIL V PODPORÁCH:

$$F_l = 40429,1 \text{ N}$$

$$\Sigma F_i = 0$$

$$Fr_A - F_l - F_l + Fr_B = 0$$

$$Fr_A = 2F_l - Fr_B$$

$$Fr_A = 2 \cdot 40429,1 - 35102,2$$

$$\underline{Fr_A = 45756 \text{ N}}$$

$$\Sigma M_i = 0$$

$$Fr_B \cdot 1,313 - F_l \cdot 0,670 - F_l \cdot 0,470 = 0$$

$$Fr_A = 2Fr_B \cdot 1,313 - F_l \cdot 0,670 - F_l \cdot 0,470 = 0$$

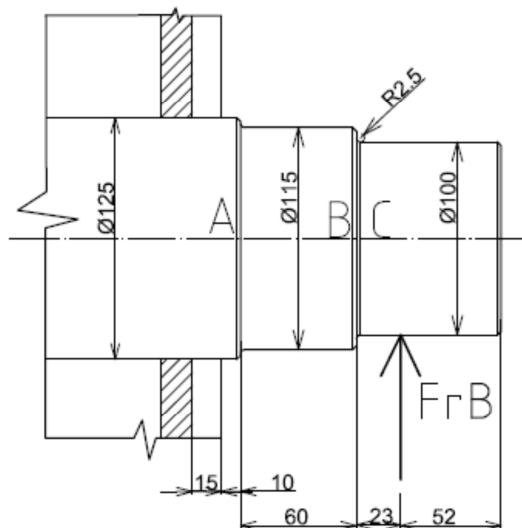
$$Fr_B = \frac{F_l \cdot 0,670 + F_l \cdot 0,470}{1,313}$$

$$Fr_B = \frac{40429,1 \cdot 0,670 + 40429,1 \cdot 0,470}{1,313}$$

$$\underline{Fr_B = 35102,2 \text{ N}}$$



## 6.2 NÁVRH PODPĚRNÉHO ČEPU:



Obr.10 schéma podpěrného čepu

### 6.2.1 URČENÍ OHYBOVÉHO MOMENTU V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH:

Součinitelé vrubu:

$$\alpha_B = 2,3$$

$$\alpha_C = 2,2$$

**Průřez A:**

$$Mo_A = Fr_B \cdot 0,180$$

$$Mo_A = 35102,2 \cdot 0,180$$

$$Mo_A = \underline{3791 \text{ Nm}}$$

**Průřez B:**

$$Mo_B = Fr_B \cdot 0,083$$

$$Mo_B = 35102,2 \cdot 0,083$$

$$Mo_B = \underline{2913,48 \text{ Nm}}$$

**Průřez C:**

$$Mo_C = Fr_B \cdot 0,023$$

$$Mo_C = 35102,2 \cdot 0,023$$

$$Mo_C = \underline{807,35 \text{ Nm}}$$



### 6.2.2 MODUL PRŮŘEZU V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH:

**Průřez A:**

$$W_{oA} = \frac{\pi d_A^3}{32}$$

$$W_{oA} = \frac{\pi \cdot 125^3}{32}$$

$$W_{oA} = \underline{191747,11 \text{ mm}^3}$$

**Průřez B:**

$$W_{oB} = \frac{\pi d_B^3}{32}$$

$$W_{oB} = \frac{\pi \cdot 115^3}{32}$$

$$W_{oB} = \underline{149311,06 \text{ mm}^3}$$

**Průřez C:**

$$W_{oC} = \frac{\pi d_C^3}{32}$$

$$W_{oC} = \frac{\pi \cdot 100^3}{32}$$

$$W_{oC} = \underline{98174,77 \text{ mm}^3}$$





### 6.2.3 NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH PRŮŘEZECH:

Mat. 11 523

Dovolený míjivý ohyb..... $\sigma_{DOIII} = 85 \text{ Mpa}$

dle [2], str.55

#### Průřez A:

$$\sigma_{oA} = \frac{Mo_A}{Wo_A}$$

$$\sigma_{oA} = \frac{3791 \cdot 10^3}{191747,11}$$

$$\sigma_{oA} = \underline{19,77 \text{ Mpa}}$$

$$\sigma_{oA} < \sigma_{DOIII}$$

#### Průřez B:

$$\sigma_{oB} = \frac{Mo_B \cdot \alpha_B}{Wo_B}$$

$$\sigma_{oB} = \frac{2913,48 \cdot 2,3 \cdot 10^3}{149311,06}$$

$$\sigma_{oB} = \underline{44,88 \text{ Mpa}}$$

$$\sigma_{oB} < \sigma_{DOIII}$$

#### Průřez C:

$$\sigma_{oC} = \frac{Mo_C \cdot \alpha_C}{Wo_C}$$

$$\sigma_{oC} = \frac{807,35 \cdot 2,2 \cdot 10^3}{98174,77}$$

$$\sigma_{oC} = \underline{18,09 \text{ Mpa}}$$

$$\sigma_{oC} < \sigma_{DOIII}$$



## 7 NÁVRH LOŽISKA:

Výpočty ložiska byly provedeny v internetové kalkulačce na stránkách firmy SKF Group dle [10]

### 7.1 VOLBA LOŽISKA

dle [11], str.25

Dle katalogu firmy SKF volím dvouřadé soudečkové **ložisko 22220E dle ČSN 02 4705**

dle [12], str.25

K ložisku volím dělené stojaté **ložiskové těleso SNL 220TA**



## 8 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo dle zadaných parametrů navrhnout zdvihové ústrojí jeřábové kočky. Při výpočtech jsem vycházel z norem a platných vztahů. Na základě vypočtených hodnot, byly s ohledem na bezpečnost a životnost, navrženy jednotlivé prvky mechanismu. Nejprve bylo navrženo lano, dále byl navržen lanový buben a kladky. Pro pohon byl navržen trojfázový asynchronní motor. Dle výkonu motoru a převodového poměru byla navržena třístupňová kuželočelní převodovka. Podle vypočteného brzdného momentu byla navržena dvoučelist'ová brzda s elektrohydraulickým posilovačem.



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

a	zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
d	průměr lana	$[mm]$
$d_a$	průměr čepu v místě A	$[mm]$
$D_b$	min. průměr lanového bubnu	$[mm]$
$d_b$	průměr čepu v místě B	$[mm]$
$d_c$	průměr čepu v místě C	$[mm]$
$D_k$	průměr kladky	$[mm]$
E	modul pružnosti lana	$[Mpa]$
$F_j$	jmenovitá pevnost lana	$[N]$
$F_{RA}$	síla v podpoře A	$[N]$
$F_{RB}$	síla v podpoře B	$[N]$
g	tíhové zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$i_k$	převod kladkostroje	$[-]$
$i_N$	převod mezi elektromotorem a lanovým bubnem	$[-]$
$i_p$	převod převodovky	$[-]$
J	moment setrvačnosti	$[kg \cdot m^2]$
$J_1$	moment setrvačnosti všech hmot na rychl. hřídeli	$[kg \cdot m^2]$
$J_2$	moment setrvačnosti součásti na pomaluběžném hřídeli	$[kg \cdot m^2]$
$J_3$	moment setrvačnosti posuvných hmot	$[kg \cdot m^2]$
$k_1$	součinitel bezpečnosti lana	$[-]$
$k_j$	skutečná bezpečnost lana	$[-]$
$l_b$	délka bubnu	$[mm]$
$m_b$	hmotnost břemena	$[kg]$
$m_k$	odhadovaná hmotnost kladnice	$[kg]$
$M_k$	kroutící moment	$[Nmm]$
$m_l$	odhadovaná hmotnost lan	$[kg]$
$M_n$	normálový moment	$[Nmm]$
$M_o$	ohybový moment	$[Nmm]$
$M_{oA}$	ohybový moment v průřezu A	$[Nmm]$
$M_{oB}$	ohybový moment v průřezu B	$[Nmm]$
$M_{oC}$	ohybový moment v průřezu C	$[Nmm]$
$M_r$	rozběhový moment	$[Nmm]$
$M_{st}$	statický moment redukováný na hřídel motoru	$[-]$
n	počet nosných průřezů lana	$[-]$
$n_1$	vstupní otáčky na převodovce	$[min^{-1}]$
$n_2$	výstupní otáčky na převodovce	$[min^{-1}]$
$n_m$	otáčky motoru	$[min^{-1}]$
P	výkon motoru	$[kW]$
$P_j$	jmenovitý výkon převodovky	$[kW]$
$R_e$	Mez kluzu	$[Mpa]$
$R_m$	Mez pevnosti	$[Mpa]$
s	tloušťka stěny bubnu	$[mm]$
$t_{rb}$	doba brzdění při spouštění	$[s]$
$t_{rmin}$	minimální doba rozběhu	$[s]$
$v_z$	rychlost zdvihu	$[m \cdot s^{-1}]$
$W_k$	průřezový modul v krutu	$[mm^3]$



$W_o$	průřezový modul pro ohyb	$[\text{mm}^3]$
$W_{oA}$	průřezový modul v průřezu A	$[\text{mm}^3]$
$W_{oB}$	průřezový modul v průřezu B	$[\text{mm}^3]$
$W_{oC}$	průřezový modul v průřezu C	$[\text{mm}^3]$
$Z$	počet závitů lana na bubnu v jedné větvi	$[-]$
$\alpha$	součinitel závislý na druhu kladky a provozu	$[-]$
$\alpha_B$	součinitel vrubu v místě B	$[-]$
$\alpha_C$	součinitel vrubu v místě C	$[-]$
$\beta$	bezpečnost brzdy pro střední provoz	$[-]$
$\gamma_{lo}$	součinitel zatížení od jmenovitého břemene	$[-]$
$\delta_h$	dynamický součinitel	$[-]$
$\varepsilon$	poměrné prodloužení	$[-]$
$\sigma_o$	napětí v ohybu	$[\text{Mpa}]$
$\sigma_{oA}$	ohybové napětí v místě A	$[\text{Mpa}]$
$\sigma_{oB}$	ohybové napětí v místě B	$[\text{Mpa}]$
$\sigma_{oC}$	ohybové napětí v místě C	$[\text{Mpa}]$
$\sigma_{red}$	redukované napětí	$[\text{Mpa}]$
$\sigma_{tl}$	namáhání přetlakem	$[\text{Mpa}]$
$\tau_k$	napětí v krutu	$[\text{Mpa}]$
$\tau_{kdov}$	dovolené napětí v krutu	$[\text{Mpa}]$
$\eta$	účinnost kladkostroje	$[-]$
$\eta_b$	účinnost uložení bubnu na valivých ložiskách	$[-]$
$\eta_k$	účinnost kladkostroje	$[-]$
$\eta_p$	účinnost převodovky	$[-]$
$\xi$	momentová přetížitelnost	$[-]$



## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F.: Jeřáby, 2., přeprac. A dopln. Vyd., SNTL Praha, 1975
- [2] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [3] ČSN 270103. Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů: Výpočet podle mezních stavů. Praha: Vydavatelství norem, 1990, 68 s.
- [4] ČSN 270100. Výpočet ocelových lan pro jeřáby a zdvihadla. Praha: Český normalizační institut, 1978, 8 s.
- [5] Mynář, B., Kašpárek J.: Dopravní a manipulační zařízení. Opory pro student [www.fme.vutbr.cz](http://www.fme.vutbr.cz)
- [6] Katalog elektromotorů SIEMENS ELEKTROMOTORY s.r.o. 04/1998, [cit. 2013-5-22] <http://www.elektromotory-cz.cz/file.php?nid=6933&oid=1177030>
- [7] Katalog převodovek MOTOR-GEAR, [cit. 2013-5-22] [http://www.motorgear.cz/userfiles/file/01\\_katalog-kuzelocelnich-prevodovek.pdf](http://www.motorgear.cz/userfiles/file/01_katalog-kuzelocelnich-prevodovek.pdf)
- [8] Katalog brzd GALVI S.r.L., [cit. 2013-5-22] <http://www.galvi.com/moduli/catalogo/schedatecnica/1>
- [9] Katalog brzdných bubnů GALVI S.r.L., [cit. 2013-5-22] <http://www.galvi.com/moduli/catalogo/schedatecnica/13>
- [10] Výpočtový modul pro ložisko, [cit. 2012-5-15] <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/calculationsFilter;jsessionid=g2cJgeaFISa1>
- [11] SKF. Katalog soudečkových ložisek, [cit. 2013-5-22] <http://www.skf.com/files/515077.pdf>
- [12] SKF. Katalog ložiskových těles, [cit. 2013-5-22] <http://www.skf.com/files/515034.pdf>



## 11 SEZNAM PŘÍLOH

- |    |                        |           |
|----|------------------------|-----------|
| 1. | Vrcholná sestava       | A0-3K2-00 |
| 2. | Sestava lanového bubnu | A0-3K2-01 |